

可再生能源在超低能耗建筑中的应用分析

陈广君 窦元元 王子勇

同圆设计集团股份有限公司

摘要: 可再生能源系统在超低能耗建筑中发挥着重要作用,其在满足建筑冷暖、生活热水及用电需求的同时,可有效降低一次能源的使用,助力实施碳达峰与碳中和。本文通过分析超低能耗建筑中常用的可再生能源系统形式,并结合实际案例利用TRNSYS进行能耗模拟计算,以期为实际工程项目中可再生能源的利用和推广提供参考依据。

关键词: 可再生能源; 超低能耗; 光伏发电; 能耗计算

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.09.116

一、引言

太阳能、地热能、空气能等可再生能源作为绿色低碳能源,在我国多轮驱动能源供应体系中发挥着重要作用,这对加快能源结构绿色低碳转型、推进能源产业链碳减排、实现绿色可持续发展具有重要意义。“十四五”期间,为实现碳达峰、碳中和、能源绿色低碳转型的战略目标,可再生能源是我国能源发展的主导方向。建筑是能源需求持续增长的重要驱动因素,如建筑运行中空调制冷制热需求、生活热水需求、用电量需求等的增长,将对世界的能源结构和环境质量产生重大影响。

据数据统计显示,目前全世界范围内建筑消耗的一次能源在20%~40%左右。近年来,我国建筑行业发展迅速,但国内大部分城市中约80%的新建建筑未达到节能标准要求^[1]。为改善当前的能源结构,提高建筑节能性,超低能耗建筑、近零能耗建筑、零碳建筑、以及零碳社区是未来发展的必然趋势,即采用高性能保温隔热材料、隔热桥设计、外遮阳调节、建筑气密性提高、高效热回收机组等措施降低建筑本体的能源需求,并减少电制冷机组、电锅炉等传统冷热源和一次能源的利用,合理有效地利用可再生能源,在满足室内热舒适环境需求的同时,进一步降低建筑能耗^[2]。目前,为了促进超低能耗、近零能耗建筑等高质量建筑的发展,国家和各省市相继出台了相关的实施意见和补贴政策,同时鼓励建立广泛的超低能耗建筑示范工程。

2021年度,我国各地出台约176部被动式超低能耗建筑配套政策,并且部分省市对超低能建筑的建设面积提出明确要求,同时为促进我国建筑节能发展,提高绿色建筑、超低能耗建筑等高质量建筑水平,在借鉴国外超低能耗建筑建设经验的基础上,结合我国工程实际情况,制定了超低能建筑的相关规范标准,并在规范中明确给出了超低能耗建筑的定义,同时针对居住建筑、公共建筑的围护结构热工性能、能耗水平等进行了明确规定,以指导和推动我国超低能耗建筑的发展。此外,住房和城乡建设部于2021年9月发布《建筑节能与可再生能源利用通用规范》,要求新建建筑应充分结

合当地资源情况与系统末端的需求,合理有效的利用可再生能源^[3]。

基于此,本文通过分析超低能耗建筑中常用的可再生能源系统形式,并结合实际案例进行能耗模拟计算,以期为实际工程项目中可再生能源的利用和推广提供参考依据。

二、可再生能源的利用

(一) 太阳能发电系统的构建

太阳能作为清洁型可再生能源,可直接将光能转化为热能、电能,与传统能源方式相比,使用中不存在化学反应,不产生CO₂、硫化物等有害气体,基于其可再生性,广泛的应用于建筑设计中。根据建筑与光伏系统的结合关系,可分为附加光伏系统(BAPV)和光伏建筑一体化(BIPV)两种形式。

附加光伏系统(BAPV)是指附着在建筑物上的光伏发电系统,主要功能是发电,不承担建筑物的任何功能,也不会与建筑物的原有功能产生任何冲突,更不会破坏或削弱建筑原有功能。附加式屋顶电站是经常采用的形式,利用太阳能支架将太阳能板设定为一定的光照倾斜角并附加在屋顶上,同时可以在建筑物的外立面附加太阳能板,由于该方式受到光照倾斜角的影响,所以发电效率比屋顶电站方式低。

太阳能发电建筑一体化(BIPV)是指与建筑物进行一体化的规划、设计,并同时施工和安装,将光伏板与建筑物完美结合的太阳能发电系统,该系统的太阳能发电板可以作为建筑物外部结构的组成部分,如取代传统的玻璃幕墙、外墙装饰石材、屋顶瓦、栏杆、遮阳构件等建筑材料和构件,在发电的同时兼顾建筑功能要求,提升建筑美感的同时,与建筑形成完美的统一体。

(二) 太阳能热水

太阳能热水系统主要是利用太阳能集热器收集太阳能热,将光能转化为热能的技术。它作为一种永不枯竭的清洁能源,在我国北方地区得到大力推广和应用。根据使用功能,太阳能热利用系统可分为热水系统、供暖系统和空调系统,既可为建筑物提供热水,也可结合不同气候区的特点及需求,兼有供热水、供暖,或供热水、供暖和空调的功能。

太阳能热水系统主要由集热装置、储热水箱、管道保温系统、自动控制系统、循环泵、电磁阀、伴热带等组成。太阳能热水系统受天气影响较大,独立运行和应用存在间歇性、不稳定性及区域差异性,为保证太阳能热水系统的稳定性,需要在太阳能系统中采用辅助加热装置和蓄热措施。根据集热系统、辅助系统和供水方式的情况,可以将太阳能热水系统分为“分户集热+分户储热辅助热形式”、“集中集热+分户储热辅助热形式”、“集中集热+集中储热辅助热形式”三种形式。由于受屋顶集热面积的限制,对于小高层及高层住宅建

筑, 可选用“分户集热+分户储热辅助热形式”。针对学校、宾馆、职工宿舍等建筑, 结合建筑特点和规模, 可选择使用“集中集热+分户储热辅助热形式”或“集中集热+集中储热辅助热形式”。

(三) 地源热泵

地源热泵利用浅层地热资源作为低品位热源, 通过输入少量的电能, 利用热泵技术, 实现将能量向高温热源进行转移, 满足建筑制冷供热、供应生活热水的需求。同时地源热泵技术还可以利用地下土壤巨大的蓄热蓄冷能力, 冬季可以“取出”土壤中的热量, 提高温度后供应建筑室内, 供给采暖使用; 夏季将室内热量转移到土壤中。通过冬夏季能量转移和交换的方式, 以常年保证地下温度的平衡, 在整个年度可以形成冷热循环^[4]。此外, 地源热泵系统可实现一机多用, 同时满足供热、制冷、供生活热水的要求, 且运行比较稳定, 可减少建筑物配套设施占地面积。

地源热泵具有节能、环保、低碳、维护费用低等特点, 应用范围日益广泛。根据地源热泵系统冷热源的不同, 可分为三种系统形式: 土壤源热泵系统、地下水热泵系统、地表水热泵系统。其中土壤源热泵系统较容易出现冷热失衡问题。在进行暖通系统设计时, 利用软件进行全年冷热负荷的计算, 并结合不同气候区特点, 采取相应的热平衡措施, 如南方地区的夏季排热量大于冬季吸热量, 可采用土壤源热泵与冷却塔联合使用的方式满足冷量需求, 冬季可以仅利用土壤源进行取暖; 北方地区热量需求较大, 在冬季可采用土壤源与辅助热源耦合的运行模式, 夏季土壤源可单独承担建筑冷负荷。

(四) 空气源热泵

空气源热泵技术是基于逆卡诺循环原理实现的节能、环保技术, 可以通过自然能源即空气蓄热获得低温热源, 经过系统的高效集热整合成为高温热源, 实现为建筑供暖或供应热水的目的。该系统形式无需设置专用制冷机房和锅炉房, 也无需设置排烟管道等装置, 可减少建筑空间的占地面积, 且运行中无任何燃烧物和烟气排放, 具有较好的节地和环保性。同时空气源热泵技术不受天气影响, 全年可全天候运行, 且热泵机组规格齐全, 可满足家庭、小区、办公、商业等各种场所的冷热需求。节能性高, 在供暖过程中, 以空气为低温热源采集电量时, 耗电量仅为电锅炉的年25%, 与燃煤、燃油、燃气锅炉相比, 至少可节约40%的能源。

空气源热泵系统可以实现一机多用, 同时满足制冷、供暖、热水的需求, 与地源热泵相比, 该系统形式不受地质条件的限制, 也不需要进行土壤热平衡, 占地面积较小, 只需将机组设置在通风条件好的地方即可。在供暖系统中, 末端装置一般采用风机盘管、散热器、低温地板辐射三种形式, 其中低温地板辐射系统供回水温度要求45℃/35℃, 结合以上三种末端装置的技术要求、性价比及室内舒适性等多方面的考虑, 低温地板辐射的末端形式更适合与空气源热泵机组联合使用。

三、案例分析

选用沿海地区某超低能耗建筑进行分析, 该城市属于温带季风气候, 具有冬季无严寒、夏季无酷暑的特点, 该地区年平均气温约13.4℃。该建筑功能为职工宿舍, 本项目以GB/T 51350中寒冷地区建筑能耗值为导向, 通过采用高性能保温隔热材料、隔热桥设计、外遮阳可调节、提高建筑气密性、高效热回收机组等措施最大限度地降低建筑内供暖制冷的需求, 并选用高效节能照明灯具, 在保证室内舒适度的前提下降低建筑能耗, 并充分利用可再生能源, 以实现超低能耗建筑的目标。

(一) 围护结构

本项目外窗采用隔热铝合金窗(5单银Low-E+16Ar+5单银Low-E+16Ar+5Low-E)的形式, K值1.0W/(m²·k), 外窗气密性等级8级, 水密及抗风压性能等级为4级, 在建筑的南向、东西向阳台均设置可调节外遮阳; 非透明围护结构做法及热工性能参数具体如下表所示。

表1 非透明围护结构做法及K值

部位	做法	K值
屋面	150mmXPS + 120mm钢筋混凝土屋面	0.18
外墙	200mm加气混凝土砌块+200mm岩棉	0.14
架空楼板	30mmXPS+ 120mm钢筋混凝土楼板+130mm岩棉	0.24

(二) 非可再生能源的应用

本项目冷热源采用地源热泵, 机组制冷COP值为7.12, 室内末端采用风机盘管+新风系统形式, 并选用高效热回收新风机组, 机组显热效率>75%, 变频控制, 吊装在走廊休息区; 对于生活热水, 本项目采用集中式热水系统, 热源选用集中式屋顶太阳能+地源热泵供水系统, 辅助热源为电辅助加热; 对于太阳能光伏发电系统, 本项目在各单体屋顶布置太阳能发电板, 并以“自发自用、余量上网”模式建设分布式太阳能光伏电站, 并网发电。

(三) 能耗模拟计算

根据《近零能耗建筑技术标准》GB/T 51350对超低能耗建筑能耗指标的要求, 项目采用TRNSYS软件进行建筑全年逐时模拟计算, 建筑根据不同室内设计参数进行分区, 建立相应的设计建筑负荷和能耗模拟计算模型, 如下图所示。

对设计建筑进行了全年逐时动态负荷及能耗模拟计算, 满足《近零能耗建筑技术标准》GB/T 51350中超低能耗居住建筑能效指标的要求, 计算结果如下表所示。

表2 动态负荷模拟计算表

	计算值	GB/T 51350-2019超低能耗居住建筑能效指标
供暖年耗热量 (kwh/m ² ·a)	9.73	≤20
供冷年耗冷量 (kwh/m ² ·a)	19.38	≤19.66

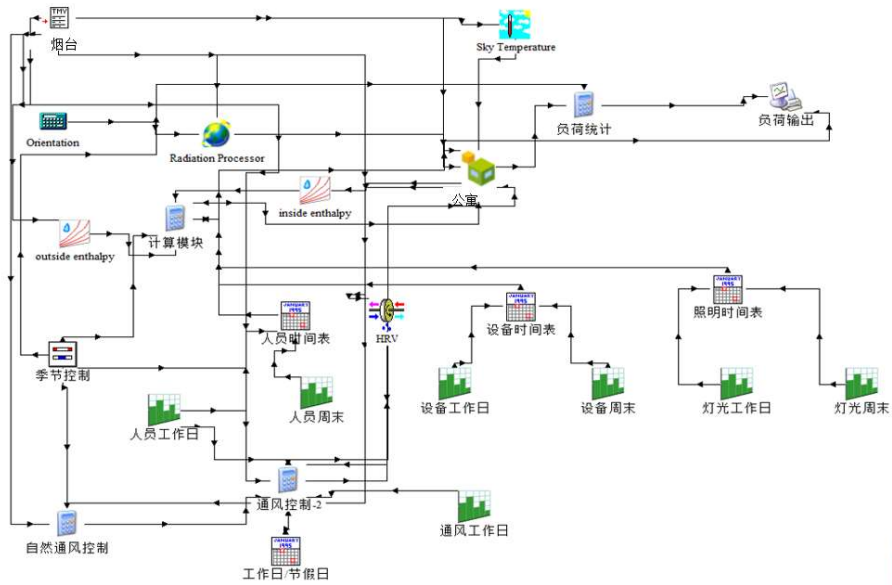


图1 TRNSYS 动态负荷模拟计算模型

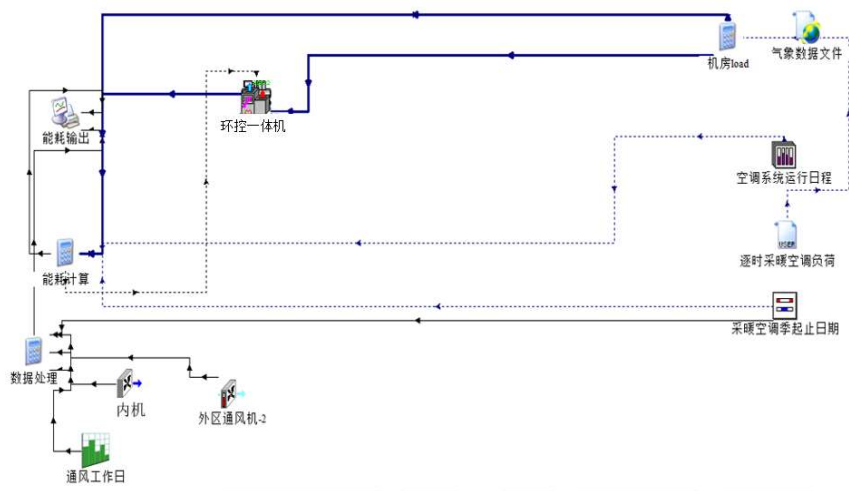


图2 TRNSYS 动态能耗模拟计算模型

表3 能耗模拟计算表

类型	全年单位面积折合一次能耗kWh/(m ² ·a)	GB/T 51350-2019超低能耗居住建筑能效指标
供暖能耗	7.57	建筑能耗综合值≤65kWh/(m ² ·a)
供冷能耗	13.05	
输配系统能耗	6.84	
生活热水能耗	9.91	
照明系统能耗	17.78	
可再生能源发电	8.40	
建筑能耗综合值	46.75	

四、总结

在碳达峰、碳中和的目标，节能减排、降低建筑能耗的思路下，可再生能源系统在超低能耗建筑中发挥着重要作用，不同类型和不同结合方式的可再生能源系统

形式为建筑的降本增效提供了多种可能。因此，在进行建筑设计过程中，要充分、合理、有效的利用各种可再生能源，最大限度的发挥可再生能源的优势，以降低建筑的能耗，在促进超低能耗、近零能耗等高质量建筑发展的同时，助力碳达峰和碳中和的实施。

参考文献

[1] 刘秦见, 王军, 高原, 熊峰. 可再生能源在被动式超低能耗建筑中的应用分析[J]. 建筑科学, 2016, 32(04): 25-29.
 [2] GB/T 51350-2019, 《近零能耗建筑技术标准》[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2019.
 [3] GB 55015-2021, 《建筑节能与可再生能源利用通用规范》[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2021.
 [4] 孙晓光. 《地源热泵工程技术与管理》[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2009.